

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3429708 C1

⑤1 Int. Cl. 4:  
F 16J 15/16

⑳ Aktenzeichen: P 34 29 708.1-12  
㉑ Anmeldetag: 11. 8. 84  
㉒ Offenlegungstag: —  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 2. 1. 86

DE 3429708 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,  
8000 München, DE

㉕ Erfinder:

Schäffler, Arthur, 8061 Vierkirchen, DE; Werner,  
Klemens, 8000 München, DE

⑤6 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

NICHTS-ERMITTELT

Druck-  
schrift

⑤4 Bürstendichtung

Dichtung zwischen relativ zueinander beweglichen Maschinenteilen, insbesondere mit wenigstens einem drehbaren Teil, nach Art einer Bürste, wobei die Borsten aus Verbundfasern bestehen, die wenigstens in Teilbereichen ihrer Oberfläche gut wärmeleitend ausgebildet sind.

Verschiedene Ausführungsbeispiele für Kombinationen von Glas und Metall oder Keramik oder Kunststoff. Verschiedene Herstellverfahren und Anordnungen.

Fasern zusammengefaßt (gebündelt), mit Vorteil in ringförmigen Bürsten radial gehalten bzw. angeordnet.

Bürstendichtungen auf Stator oder Rotor einer Maschine, vorzugsweise Strömungsmaschine, angeordnet.

DE 3429708 C1

## Patentansprüche:

1. Dichtung zwischen relativ zueinander beweglichen Maschinenteilen, insbesondere mit wenigstens einem drehbaren Teil, nach Art einer Bürste, dadurch gekennzeichnet, daß die Borsten der Bürstendichtung einen nicht- oder halbleitenden Kern und einen leitenden Mantel bzw. Überzug und/oder Beschichtung aufweisen und wenigstens der Kern Federeigenschaften besitzt.
2. Dichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Borstenkern und/oder Hülle aus einem Material aus der Gruppe: Glas, Metall, Kunststoff oder Kombinationen mit diesen Werkstoffen und/oder Keramik ausgewählt ist.
3. Dichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Borstenmantel und/oder Überzug und/oder Beschichtung aus einem Material aus der Gruppe: Gold, Silber, Aluminium, Kupfer, Silizium, Blei, Zink, Indium, Nickel, Kobalt, Chrom, Molybdän oder Verbindungen mit diesen Werkstoffen wie Metalloxide, -nitride, -sulfide, -fluoride, -karbide, -boride, -silizide und/oder Glaskeramik, Glaskeramik, Kohlenstoff, Kunststoff besteht.
4. Dichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Borstenkern eine Dicke von etwa 1 bis 100 Mikrometer und vorzugsweise 5 bis 50  $\mu$  und der Borstenmantel eine Dicke von etwa 0,1 bis 1  $\mu$  aufweist.
5. Dichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern durch Schmelzspritzen, Schmelzspinnen oder Verdüsen endlos, am Stück (Partikular) oder als Faser, Faden hergestellt ist.
6. Dichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantel auf dem Kern physikalisch aufgedampft (PVD) oder aufgestäubt ist oder elektrolytisch oder stromlos z. B. durch chemische Dampfabcheidung (CVD) aufgebracht ist, oder im Spritz- oder Tauchverfahren, insbesondere durch elektrostatisches Beschichten aufgebracht ist.
7. Dichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantel und der Kern an ihrer Grenzschicht durch Legieren miteinander verbunden sind.
8. Dichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantel auf dem Kern mittels Laser oder dergleichen äußerer (Strahlen-)Energiequelle angelegt, angeglatt oder angeschmolzen ist.
9. Dichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Borsten einzeln oder gebündelt oder dergleichen gepackt und in wenigstens einem Halteelement aus Glas, Metall, Keramik oder Kunststoff eingepreßt, angesintert, angegossen, angelötet, angeklebt oder wenigstens teilweise umspritzt, eingeschmolzen oder dergleichen eingehüllt sind.

35

Die Erfindung betrifft eine Dichtung zwischen relativ zueinander beweglichen Maschinenteilen, insbesondere mit wenigstens einem drehbaren Teil, nach Art einer Bürste. Bei Dichtungen zwischen relativ zueinander bewegten Maschinenteilen besteht die Gefahr, daß sich die beiden Maschinenteile einander zu stark annähern, so daß starke Reibung zwischen den einander zugewandten Elementen eine übermäßige Erwärmung und sogar eine Zerstörung der Dichtung herbeiführen kann. Dies ist jedenfalls bei packungsartigen Dichtungen, Labyrinthdichtungen etc. der Fall. Auch bei der Reibung vermindern den Bürstendichtungen aus Metall ist die Reibung zwar vermindert, jedoch relativ groß. Der Vorteil von Bürstendichtungen liegt jedoch darin, daß sie sich Veränderungen des Radialspaltes zwischen zueinander beweglichen, insbesondere rotierenden Teilen besser anpassen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Bürstendichtung zu schaffen, die den Vorteil der quasi elastischen Radialspaltunterdrückung erhält, ohne ihre Nachteile, wie sie unter anderem durch die Reibung entstehen, aufzuweisen.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Hauptanspruch enthaltenen Merkmale.

Die wesentlichsten Vorteile der Erfindung sind: Die für die Bürstendichtung bei der erfindungsgemäßen Lösung verwendeten Borsten bestehen aus feinen jedoch hochfesten Fasern, welche eine Reduktion der Auflagerkraft und damit der erzeugten Reibung in erheblichem Umfang erlauben.

Gegenüber Metalldrähten, die so extrem dünn nicht hergestellt werden können, besteht weiterhin der Vorteil, daß keine Funkenbildung auftritt.

Die Fasern können so gefaßt bzw. gepackt werden, wie es der jeweilige Einsatzfall erfordert. Dies gilt auch für die geometrische Anordnung der Fasern relativ zu den Maschinenteilen.

Wie in Unteransprüchen enthalten, kann durch die Zusammenstellung der Komponenten der Faserwerkstoffe, der Faserabmessungen, der Fassung und Anordnung derselben die Elastizität bzw. Federung der Dichtung erheblich gesteigert werden. Verschleiß, Abrieb und dergleichen lassen sich sehr stark vermindern und zum Teil ganz vermeiden. Gleiteigenschaften und Kerbschlagzähigkeit sind erheblich verbessert. Auch die Wärmeabfuhr läßt sich durch die besondere Ausbildung eines Überzugs oder Mantels, der wenigstens in den, ein Maschinenteil berührenden Teilbereichen von Borsten aufgebracht ist, steigern.

Weitere Vorteile ergeben sich unter anderem aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung.

In den Zeichnungen sind diese Ausführungsbeispiele rein schematisch dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 eine Bürstendichtung mit radialer Borstenanordnung,

Fig. 2a bis 2d verschiedene Packungsanordnungen von Fasern,

Fig. 3 eine Einzelheit der Fassung von Fasern,

Fig. 4 eine Bürstendichtung mit schräggestellten Borsten, mit Einzelheiten 4a bis 4d und

Fig. 5a bis 5d einzelne wenigstens teilweise auf verschiedene Art überzogene Fasern.

Aus Fig. 1 wird deutlich die Gesamtanordnung der Bürstendichtung 1 zwischen zwei relativ zueinander beweglichen Maschinenteilen 2 und 3. Das Teil 2 kann dabei das rotierende Teil sein und das Teil 3 das feststehende Teil, z. B. ein Gehäuse. In diesem sind die Borsten aus Fasern 4, Metalle, B, C, Kunststoffe und Glas oder verschiedene Gläser, Glasmetalle, Glaskeramik in Kombinationen hiermit enthaltend, in radialer Anordnung ersichtlich. Die Fasern 4 sind dabei einzeln oder bevorzugt zu mehreren nebeneinander zusammengefaßt und werden zusammengehalten, bevorzugt in einzelnen Gruppen von Borsten (siehe Fig. 2), z. B. durch Verglasung, Verlöten, Cermets, keramische Werkstoffe angesintert oder angepreßt, mit Kunststoff angegossen, angeklebt, umspritzt oder dergleichen und dabei zusammengefaßt. Das Trägerteil für die Fassung oder das Halteelement oder die Umhüll- oder Packungsmasse 5 kann ebenfalls ein Metall, eine Keramik, ein Kunststoff oder ein Glas oder Kombinationen dieser Werkstoffe aufweisen bzw. hieraus bestehen. Gleiches gilt für den Rotor 2. Meist werden gleichartige Werkstoffe gepaart. In manchen Fällen ist es auch erwünscht, daß der eine Partner (Maschinenteil) härter ist als der andere.

Zu Fig. 2: Um eine möglichst optimale Flächendeckung der Bürste zu erzielen, soll die Packung bzw. das Zusammenfassen der einzelnen Fasern bevorzugt in Gruppen und so dicht wie möglich erfolgen. In Fig. 2a, 2b sind zumindest in einem Endbereich plättchenförmige Fasern, z. B. nach Art eines Ziegelsteinmauerwerks, miteinander verbunden, wobei Fig. 2a einen Verbund in vertikaler Hauptrichtung und Fig. 2b einen Verbund in horizontaler Hauptrichtung angeordnet zeigt. Jedes einzelne Plättchen kann verschiedenartig geformt sein, in den Fig. 2a und 2b im wesentlichen oval. Fig. 2c zeigt einen Verband von Fasern, die wenigstens im Endbereich dreieckförmig, insbesondere aus gleichschenkeligen Dreiecken zusammengesetzt sind, und Fig. 2d einen Verband in Honigwabenart, wobei die einzelne Faser wenigstens in ihrem Endbereich sechseckförmig ausgebildet ist oder an ihrem Ende in dieser Form verstärkt ist.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem, z. B. in einem Ring 3, die Bürstendichtung derart angeordnet ist, daß die Borsten radial nach innen oder schräg hierzu angeordnet werden, indem zusammengefaßte Fasergruppen 1 in Bohrungen 6 mit Anfasungen oder Ansenkungen eingeführt werden und nach ihrer Einführung z. B. mit einer üblichen Kunststoffverbundmasse ausgegossen und dadurch zusammen und am Ring 3 festgehalten werden. Auch ein Ankleben mit einem Kunststoffkleber 5 ist möglich. Gleiches ist auch auf der Oberseite des Ringes 3 in Fig. 3 möglich. Ein Anglasen mit Hilfe einer Glasmasse 5 ist mit Hilfe einer äußeren Energiequelle, wie z. B. Laserstrahlen, vorteilhaft ausführbar. Auch ein metallisches oder keramisches Pulver kann für die Masse 5 verwendet und an dem Maschinenteil 3 angesintert werden. Je nach Wahl des Werkstoffes für das Maschinenteil empfiehlt es sich, ein entsprechendes oder ähnliches Sinterpulver gegebenenfalls + Bindemittel zu verwenden. Anstelle oder zusätzlich zu dem Sinterverfahren kann ein Preßverfahren angewandt werden. Metallische Lotlegierungen können auf- und angeschmolzen werden mit Hilfe an sich bekannter äußerer Wärmequellen. Auch ein Angießen oder Umspritzen mit metallischen oder keramischen, einschließlich Cermets und glaskeramischen Werkstoffen, insbesondere Pulvern, ist anwendbar.

Fig. 4 zeigt eine Anordnung ähnlich Fig. 1, bei der jedoch der Faserverbund in einem Maschinenteil nicht wie in Fig. 1 radial, sondern unter einem Winkel hierzu in oder entgegen der Drehrichtung angeordnet ist. In Fig. 4a ist die Anordnung und Befestigung des Faserbundes im feststehenden Teil getroffen; in Fig. 4b im rotierenden Teil. Selbstverständlich können auch zwei kontrarotierende Teile einzeln oder beide mit den Bürstendichtungen der Erfindung versehen werden, auch z. B. in Achsrichtung einer oder mehrerer Wellen hintereinander, insbesondere wenn diese coaxial angeordnet sind.

Wie Fig. 4c zeigt, ist auf einer Rotorscheibe 2 ein Faserverband 1 unter einem axialen Winkel zu einem feststehenden Teil 3 relativ beweglich — auch verschiebbar — angeordnet.

Wie Fig. 4d zeigt, ist in einem Ring ein Faserverband 1 axial, schräg, d. h. unter einem Winkel, angeordnet, relativ zur Mittelachse des drehenden Teils 2.

Wie Fig. 5 zeigt, sind verschiedene Kombinationen von Einzelfasern im Sinne der Erfindung anwendbar, die alle wenigstens an Teilbereichen ihrer Oberfläche gut wärmeleitend ausgebildet sind und wenigstens der Kern Federeigenschaften besitzt.

So zeigt z. B. Fig. 5a eine Kern-/Mantelkonfiguration, wobei der Mantel auch durch eine äußere Überzugsschicht, die den Kern vollständig umhüllt, ausgebildet sein kann.

In Fig. 5b ist eine Verbundfaser dargestellt mit nur auf einer Teiloberfläche, hier der oberen Hälfte, vorgesehener Beschichtung. Auch beide einander berührenden Teile können in abgestimmter Weise beschichtet werden.

Fig. 5c zeigt einen Kern mit nur für die Berührung mit dem anderen Maschinenteil vorgesehenem Oberflächenendbereich, wie Beschichtung (z. B. an der Borstenspitze).

In Fig. 5d ist eine Hohlleiter mit einer herausragenden Füllung versehen. Zwischen diesen Ausführungsformen können selbstverständlich Kombinationen vorgenommen werden, dabei kann der Kern oder die Hülle aus wärmeleitendem oder nichtwärmeleitendem Werkstoff bestehen und der (relativ gut) leitende Werkstoff oder der nichtleitende Werkstoff mehr oder weniger große Oberflächenbereiche des jeweils anderen Faserteils übergreifen. Der leitende Werkstoff sollte jedoch wenigstens an der Spitze der Borsten angeordnet sein und eine Brücke zu den Halteelementen und/oder Maschinenteilen aufweisen zwecks Wärmeabfuhr, die sich nach der Wärmeleitfähigkeit des Materials und zur Verfügung stehender Wärmeleitfläche (Querschnitt) bemißt (wenn Wärmeabfuhr aufgrund der Konzeption notwendig oder erwünscht ist).

In nachstehender Tabelle sind — ohne daß die Erfindung hierauf beschränkt wäre — Kern-/Mantelmaterialeigenschaften für den Verbund aufgeführt. Hierzu wird insbesondere auf die Ansprüche verwiesen, dort sind auch die Verfahren zur Herstellung des Mantels oder Überzugs angegeben. Auch in der Glasfasertechnik übliche Herstellverfahren einschließlich Lichtleiter können hier angewandt werden, ebenso wie die Herstelltechniken für

Faserverbundwerkstoffe, bei denen z. B. Glasfasern, Borfasern, Kohlenstofffasern, Silizium- oder siliziumhaltige Fasern mit glasigen, keramischen, metallischen Stoffen oder (hochpolymeren) Kunststoffen imprägniert oder damit verbunden sind. Auch Metallwhisker oder -einkristalle sind als Bestandteile der Verbundfaser geeignet.

Die Kombination der Werkstoffe für die jeweilige Verbundfaser richtet sich nach dem Einsatzfall (Anwendung) und den dort geforderten Eigenschaften, wie Festigkeits-, Feder-, Leit- oder Isoliereigenschaften (magn. elektr. wärme-), Elastizitätseigenschaften, Temperatur- und chemische (Korrosions-)Beständigkeit. Selbstverständlich ist bei der Auswahl auch darauf zu achten, daß die Kombination der für eine Faser zu verbindenden Werkstoffe bzw. die Faser selbst leicht herstellbar ist und/oder zu beschichten ist und die geforderte Qualität und Lebensdauer ergibt. Auch auf eine gute Verbindung von Kern und Mantel ist zu achten. Bewährt haben sich die Verfahren der Aufbringung im physikalischen oder chemischen Dampfabscheidungsverfahren von Überzügen auf eine Unterlage wie Kern aber auch ein Spritz- oder Tauchverfahren. Der Kern kann durch Schmelzspinnen, Schmelzspritzen, Extrudieren oder Verdüsen hergestellt werden und dann endlos oder in Abschnitten Fasern, Fäden, Garne, drahtartige oder schlauchförmige Gestalt annehmen. Der Mantel kann mit dem Kern in der Grenzschicht auch gegebenenfalls durch Legieren od. ä. verbunden werden. Die Grenzschicht kann auch auf bei Lichtleitfasern üblichem Wege durch Innenbeschichten einer Hohlfaser erzeugt werden, wobei nach Kollabieren dieser Hohlfaser die Schicht selbst einen Kern bildet. Der Kern oder Überzug/Mantel kann auch aus amorphen Metallen (auch Glasmatalle genannt) bestehen. Auch seltene Erdmetalle, Edelmetalle sind als Zusätze anwendbar. Es eignen sich auch Aluminiumglasverbundstoffe, Glaslotverbindungen mit Metallen, Keramiken und unterschiedlichen Glasarten. Als Lote wie Lotgläser eignen sich besonders blei- und zinkhaltige Boratgläser.

Zur Dünnschichtbelegung von Glasoberflächen eignet sich besonders das Sol-/Gelverfahren. Die Mantelschicht sollte in der Regel wenige Mikrometer dick sein. Gleiches gilt für den Kern, welcher ebenfalls möglichst dünn sein, etwa 5 Mikrometer, aber möglichst nicht über 50 Mikrometer, im Durchmesser betragen soll. Gleiches gilt insbesondere für die Bor- und Kohlenstofffasern, aber auch Kunststoffe.

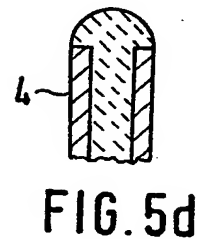
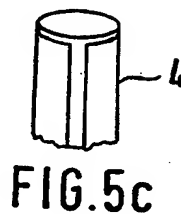
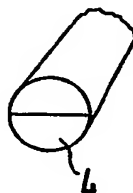
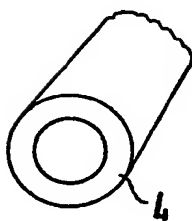
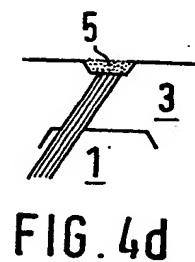
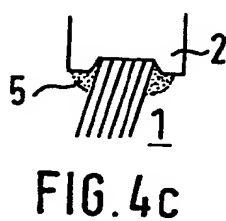
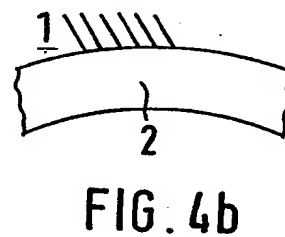
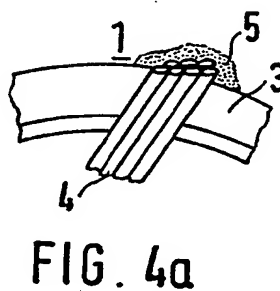
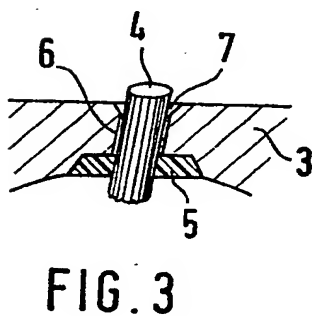
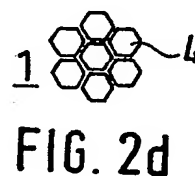
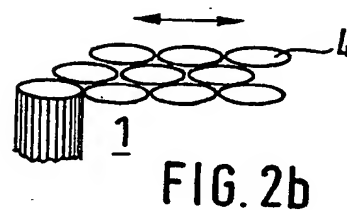
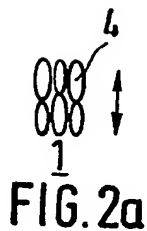
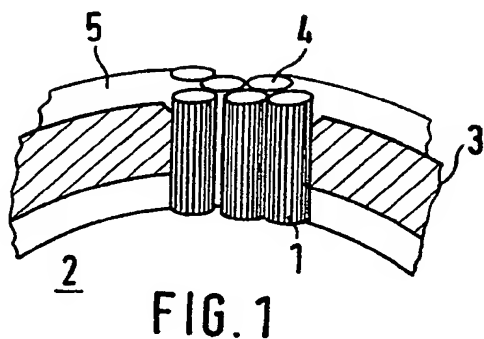
Die Erfindung ist nicht auf einen Kern-/Mantelaufbau beschränkt, noch auf einen Zweischichtverbundstoff, sondern es können selbstverständlich mehrere Schichten übereinander aus verschiedenen Stoffen kombiniert werden, wie für den Anwendungsfall und nach Preiswürdigkeit der Herstellungsmethode (ohne Qualitätsverlust) möglich. Zum Beispiel kann ein Glasfaserkern und eine Glasfaserhülle und eine Beschichtung zur Gesamtfaser verbunden werden. (Dabei werden mit Vorteil Gläser unterschiedlichen E-Moduls kombiniert.) Diese Beschichtung kann hierbei auch durch geeignete Dotierung der Hülle ersetzt sein. Idealerweise sollte die Verbundfaser in möglichst einem Arbeitsgang hergestellt werden, wie dies z. B. beim Schmelzspinnen oder Verdüsen mit Hilfe von Kern-/Manteldüsen möglich ist. Aber auch ein endloses Ziehverfahren für die Faser unter gleichzeitiger Mantelbildung oder Beschichtung (z. B. am Ausgang des Ziehwerkzeugs), z. B. elektrolytisch oder in einem sonstigen Tauch-, Druck- oder Sprühverfahren einschließlich elektrostatischer Beschichtung, läßt sich gut anwenden. Bei der Auswahl der Stoffe des Faserverbundes sollte auch ihre Verbindbarkeit in Gruppen zu einer Fassung oder einem Fassungs- oder Halteelement berücksichtigt werden. Solche Halteelemente (Bürstenkörper oder Borstenhalter) sollten wiederum gut mit dem Maschinenteil verbindbar sein, auf dem sie befestigt werden. Die Fassungen oder Halteelemente sind auch getrennt herstellbar. Wird eine besonders gute Gleiteigenschaft oder gar Schmiereigenschaft gewünscht, so kann im Kern oder wenigstens auf Teilbereichen der Oberfläche auch Graphit, MoS<sub>2</sub> oder ein geeigneter Kunststoff verwendet werden. Bestimmte Kunststofffasern, die (z. B. nach Dotierung) gut metallisch beschichtbar sind, sind ebenfalls für die Fasern geeignet. Zum Beispiel kann durch Zugabe von Jod ein Polymer-Kunststoff einer organischen Si-Verbindung elektrisch leitfähig gemacht werden.

Ni-Fe-Legierungen lassen sich in dünner Schicht, z. B. über Ti/Au-Schicht, auf einen Glas- oder Kunststoffkern aufbringen und machen so eine Faser von außen magnetisch bzw. magnetisierbar.

#### Tabelle über enthaltene Werkstoffe

in Fasern	Einkristalle (z. B. Si), Metallwhisker metallisch: Au, Ag, Al, Cu, Ni, Co, Cr, Ti, Mo, Si oder deren Legierungen metalloxidhaltig: (PbO, ZnO, In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Fäden ... (Kern)	keramisch: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , ZrO <sub>2</sub> , B <sub>4</sub> C, SiC glasig: SiO <sub>2</sub> , B, C; (metallisierte) FEP-Kunststoffe (Kevlar)
(Hohl-) Füllung	C, Graphit, MoS <sub>2</sub> , Pb, Zn (Sinter-) Keramik
(Zwischen-) Schicht Hülle	Ti, Ni, Cr, Co, Au, Ag, Al, Si, Cu und Legierungen hiermit, Poly-Si, Polyimide MgF <sub>2</sub> , ZnS, In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SnO <sub>2</sub>
(Außen-) Überzug (Mantel) Beschichtung	Au, Ag, Al, Si, Cu, Pb, Zn, In, Ni, Co, Cr, Mo und Legierungen oder Verbindungen hiermit, Schwarzlack (Carbonblack) SiC, TiC, TiSi <sub>2</sub> , TiB <sub>2</sub> , MoSi <sub>2</sub> , TiN, BN, TiO <sub>2</sub> , Indiumoxid

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



**This Page Blank (uspto)**